

# 10

## CAPÍTULO

### Polisacáridos

Los glúcidos son las biomoléculas más abundantes en la naturaleza, en particular los polisacáridos cuyas funciones más generales son: almacenamiento, estructural y reconocimiento.

En el reino vegetal representan la mayor parte de su peso seco, no así en los tejidos animales. En el hombre representan menos del 1 %.

Se denominan polisacáridos aquellos polímeros que por hidrólisis rinden más de 10 moléculas de monosacáridos. Oligosacáridos cuando rinden de 2 a 10 moléculas.

Los polisacáridos con función de almacenamiento son: el almidón, en los vegetales y el glucógeno, en los animales. Entre los que poseen función estructural se encuentran: la celulosa, en los vegetales; la quitina, en los artrópodos, y los glicosaminoglicanos, en los vertebrados. Estos últimos confieren protección y soporte a las células, tejidos y órganos. Los que forman parte de las membranas biológicas tienen función de reconocimiento; participan tanto en el reconocimiento intercelular, como en el de sustancias ajenas al organismo. Cuando se alteran los mecanismos de reconocimiento, pueden dejar de identificarse como propias determinadas moléculas del organismo.

Las importancias biológica y médica de los polisacáridos justifican el estudio de sus estructuras, funciones y ubicación.

### Oligosacáridos

Un oligosacárido está constituido por diferentes monosacáridos, generalmente sustituidos, unidos mediante diferentes enlaces de los tipos  $\alpha$  y  $\beta$ ; ambas características determinan su secuencia informacional, por ejemplo, 3 hexosas diferentes, enlazadas por enlaces glicosídicos diferentes, pueden formar más de 1 000 trisacáridos diferentes.

A pesar de ser millones las posibilidades teóricas que predicen la existencia de moléculas diferentes de oligosacáridos, en la realidad existe un número limitado, como consecuencia de la especificidad y poca variedad de las enzimas que los sintetizan.

Los oligosacáridos, moléculas que poseen desde 3 hasta 10 monosacáridos, casi siempre aparecen unidos a proteínas y a lípidos, formando las glicoproteínas y los glicolípidos, a los cuales alteran su polaridad y solubilidad, debido a que contienen agrupaciones altamente hidrofílicas.

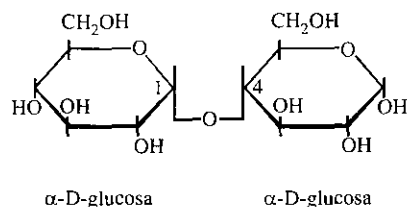
Los oligosacáridos constituidos por 2 monosacáridos o disacáridos constituyen la unidad básica estructural de los homopolisacáridos y de los glicosaminoglicanos o mucopolisacáridos ácidos.

### Disacáridos

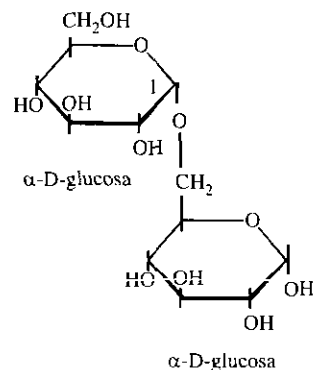
Los disacáridos están constituidos por 2 monosacáridos unidos mediante enlace glicosídico (capítulo 7).

Los homodisacáridos rinden por hidrólisis 2 monosacáridos del mismo tipo, a este grupo pertenecen la maltosa, la isomaltosa, la celobiosa y la trealosa. En los heterodisacáridos, se obtienen monosacáridos diferentes, aquí encontramos la lactosa y la sacarosa.

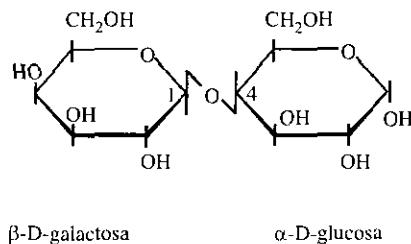
**Maltosa.** Es un disacárido integrado por 2 moléculas de  $\alpha$ -D-glucosa unidas por enlace glicosídico  $\alpha$  1-4; es un glucósido, su fuente principal es la hidrólisis parcial del almidón y del glucógeno, que se produce en el tracto gastrointestinal del organismo animal, durante el proceso de digestión.



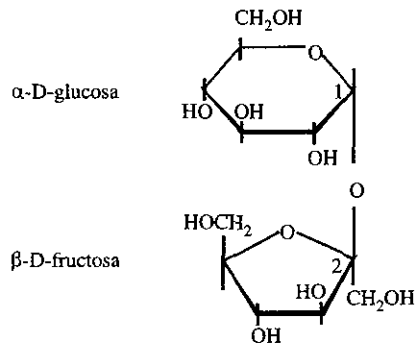
**Isomaltosa.** Es un disacárido integrado por 2 moléculas de  $\alpha$ -D-glucosa unidas por enlace glicosídico  $\alpha$  1-6; es un glucósido, su fuente al igual que la maltosa, es la hidrólisis parcial del almidón y del glucógeno.



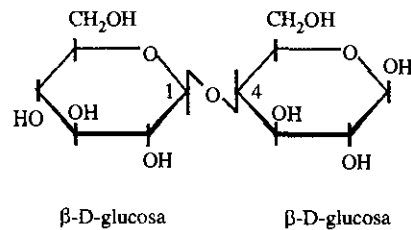
**Lactosa.** La lactosa es un disacárido integrado por una molécula de  $\beta$ -D-galactosa y otra de  $\alpha$ -D-glucosa unidas por enlace glicosídico  $\beta$  1-4; es un galactósido, porque la galactosa brinda su hidroxilo anomérico al enlace acetálico. Su fuente es la leche, donde existe en forma libre entre 2 y 6 %. Sólo se sintetiza en la glándula mamaria durante la lactancia.



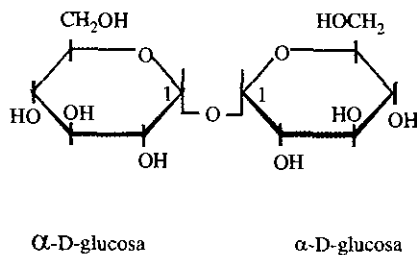
**Sacarosa.** Es un disacárido formado por una molécula de  $\alpha$ -D-glucosa y otra de  $\beta$ -D-fructosa, esta última en su forma furanósica, unidas por enlace glicosídico  $\alpha$  1-2 ó  $\beta$  2-1; o sea, ambos hidroxilos anoméricos forman parte del enlace acetálico, por lo que es a su vez un  $\alpha$ -glucósido y un  $\beta$ -fructósido. Su fuente principal es la caña de azúcar y la remolacha, también está en el resto de las plantas, pero en cantidades menores. En muchas plantas constituye la forma principal de transporte de azúcar, desde las hojas hacia otras partes. Los animales superiores no la pueden sintetizar. Es importante en la dieta humana, usada como edulcorante.



**Celobiosa.** Es un disacárido integrado por 2 moléculas de  $\beta$ -D-glucosa unidas por enlace glicosídico  $\beta$  1-4. En este caso el enlace es de tipo  $\beta$ , a diferencia de la maltosa, por ejemplo. Su fuente es la hidrólisis de la celulosa.



**Trealosa.** Es un disacárido integrado por 2 moléculas de  $\alpha$ -D-glucosa, unidas por enlace glicosídico  $\alpha$  1-1; es uno de los principales constituyentes de la hemolinfa de los insectos, en los que actúa como reserva energética.



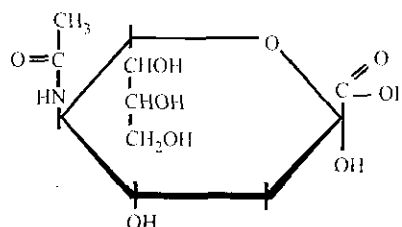
### Importancia de los disacáridos

Los disacáridos maltosa, isomaltosa, lactosa y sacarosa son hidrolizados a nivel del intestino delgado, por enzimas disacaridasas específicas, localizadas en el borde en “cepillo del enterocito”, desde donde sus monosacáridos constituyentes ingresan al organismo y sirven principalmente de fuente de energía.

## Glicoproteínas

Son proteínas conjugadas, cuyo contenido glucídico puede ser desde 1 % a más de 85 % del peso, ya que pueden contener desde varios residuos glucídicos hasta numerosas cadenas laterales de oligosacáridos lineales o ramificados unidos por enlace covalente.

Muchas de las proteínas de las membranas plasmáticas son glicoproteínas, por ejemplo la glicoforina de la membrana eritrocitaria y el receptor de insulina; también son glicoproteínas algunas hormonas, como la gonadotropina coriónica y todas las proteínas plasmáticas de los humanos, excepto la albúmina. En el caso de las glicoproteínas solubles, la cadena oligosacárida de la mayoría termina en ácido siálico. La pérdida del ácido siálico determina el reconocimiento por receptores hepáticos específicos de estas asialoglicoproteínas, su captación y posterior degradación intralisosomal.



Por ejemplo, la ceruloplasmina es una sialoglicoproteína plasmática que transporta cobre; la pérdida del ácido siálico la convierte en una asialoglicoproteína, que permite su eliminación de la sangre por ser un probable signo de envejecimiento molecular que determina su destrucción y posterior reemplazo.

En otros casos, durante la síntesis de proteínas, la unión de un oligosacárido en particular es lo que va a determinar su destino ulterior, que puede ser hacia un organelo subcelular específico o en la superficie externa de la membrana plasmática; por ejemplo, la adición de manosa-6-fosfato al extremo de la cadena oligosacárida de determinadas glicoproteínas enzimáticas condiciona que sean transportadas a los lisosomas.

### Principales funciones de las cadenas de oligosacáridos en las glicoproteínas:

1. Modulan propiedades físico-químicas como solubilidad, viscosidad, carga y desnaturalización.
2. Protegen contra la proteólisis (intra y extracelular).
3. Intervienen en la inserción dentro de las membranas, en la migración celular, distribución y en la secreción.
4. Intervienen en el desarrollo embrionario y en la diferenciación (interacción entre células normales).
5. Pueden intervenir en los sitios de metástasis, proliferación cancerosa en tejidos diferentes al portador del cáncer primario (interacción entre célula normal y célula cancerosa).

Existen enfermedades por deficiencias genéticas en la actividad de glicoproteínas hidrolasas lisosómicas específicas; entre ellas se encuentran la mannosidosis, fucosidosis y sialidosis, que tienen como denominador común el retardo mental. Otro ejemplo es la enfermedad de células I, los pacientes no poseen la enzima que añade la manosa-6-fosfato a las enzimas lisosomales; estas glicoproteínas, al no poseer la señal de reconocimiento, no pueden ser orientadas correctamente, por lo que los lisosomas de estos pacientes carecen de casi la totalidad de sus enzimas.

## Glicoesfingolípidos

En los gangliósidos, los oligosacáridos constituyen la parte polar de su cabeza (capítulo 13). Estos oligosacáridos también son informacionales y contienen ácido siálico; al formar parte de los lípidos de las membranas plasmáticas pueden ser importantes en la comunicación, el contacto intercelular, formando parte de receptores celulares y como antígenos, por ejemplo, los grupos sanguíneos ABO (capítulo 63).

## Polisacáridos

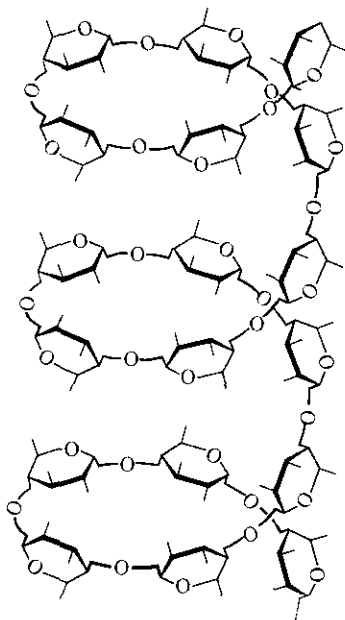
Los polisacáridos son polímeros de monosacáridos unidos mediante enlace glicosídico, poseen peso molecular elevado, son estables en medio acuoso y, a diferencia de los ácidos nucleicos y las proteínas, no tienen un número exacto de monómeros. Difieren entre sí en el tipo de monosacárido que lo constituyen y el tipo de enlace que los une, en la longitud de sus cadenas, en el grado de ramificación y en su función biológica. Se clasifican en homopolisacáridos y heteropolisacáridos.

### Homopolisacáridos

Los homopolisacáridos son polímeros del mismo monosacárido; entre los principales se encuentran: el almidón, el glucógeno, la celulosa, la pectina y la quitina.

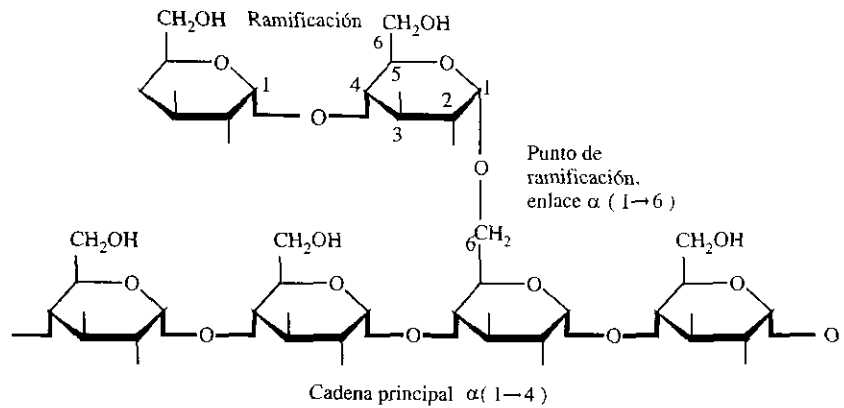
**Almidón.** El almidón está formado por 2 tipos de polímeros: la amilosa, de 15 a 20 % y la amilopectina, de 80 a 85 %.

La amilosa es un polímero lineal largo de  $\alpha$ -D-glucosas unidas mediante enlace glicosídico del tipo  $\alpha$  1-4, lo cual determinan que adopten una estructura helicoidal, cuyo peso molecular puede variar desde unos pocos millares hasta 500 000.



La amilopectina es un polímero ramificado, cuyo peso molecular puede llegar hasta 100 millones; los residuos sucesivos de glucosa están unidos por enlaces glicosídicos  $\alpha$  1-4; pero cada 24 a 30 residuos existen puntos de ramificación mediante un enlace glicosídico del tipo  $\alpha$  1-6.

Esta molécula se encuentra muy hidratada porque sus abundantes grupos hidroxilos, expuestos, forman puentes de hidrógeno con el agua.



**Función.** Es el polisacárido de reserva de energía más importante en las células vegetales. La mayor parte de estas células tienen un conjunto enzimático que les permite sintetizar el almidón, especialmente abundante en tubérculos como la papa y en semillas como el maíz; constituye uno de los glúcidos más abundante en la dieta.

**Glucógeno.** Es un polímero ramificado, con peso molecular de varios millones, cuyo precursor es la  $\alpha$ -D-glucosa que se unen por enlace glicosídico  $\alpha$  1-4, lo que permite el crecimiento del polímero en sentido lineal y por enlaces glicosídicos  $\alpha$  1-6, que facilita el establecimiento de ramificaciones cada 8 ó 12 residuos monosacáridos (Fig. 10.1). Al ser una molécula mucho más ramificada que la amilopectina es mucho más soluble; puede contener hasta 10 % de glucosamina.

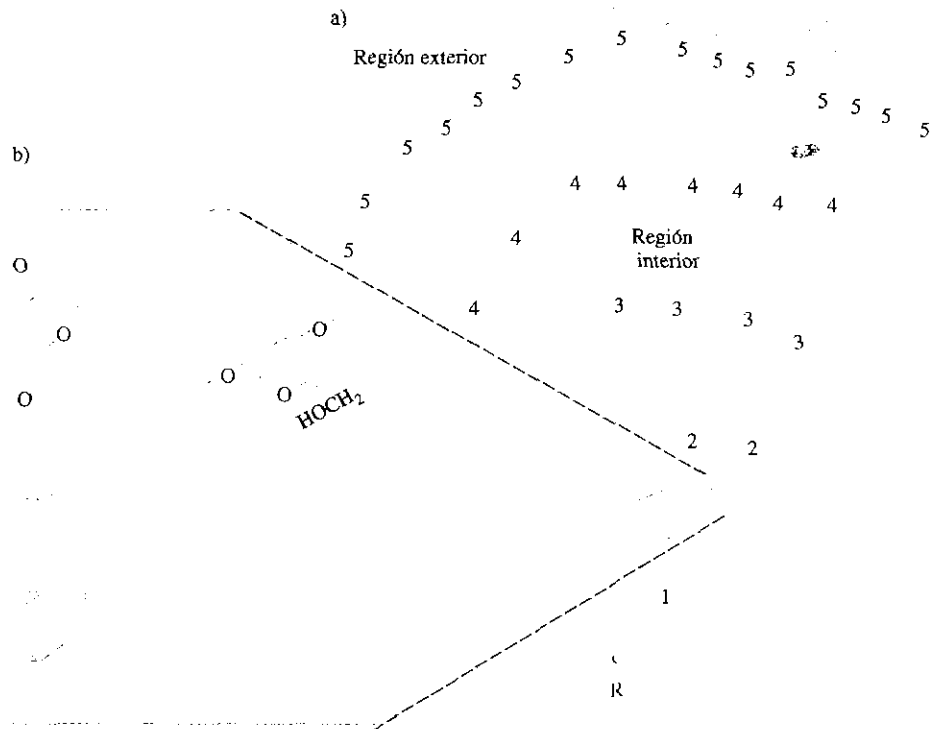


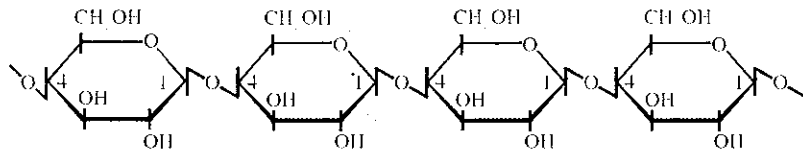
Fig. 10.1. Estructura del glucógeno. a) Estructura general. R= único residuo de glucosa que tiene el OH anomérico ( $C_1$ ) libre (en violeta). Los residuos señalados en rojo tienen el OH del  $C_2$  libre. Los números se refieren al orden en que las ramificaciones se van desarrollando. Los residuos señalados en azul son los puntos de ramificación. b) Amplificación de la estructura en un punto de ramificación.

**Estructura supramacromolecular.** Con el microscopio electrónico fue posible observar que las partículas de glucógeno tienen 3 niveles de organización, cada uno de ellos con una morfología y tamaño característicos. Las unidades más grandes, las partículas  $\alpha$ , son esféricas y miden entre 50 y 200 nm, con un promedio de 150 nm.

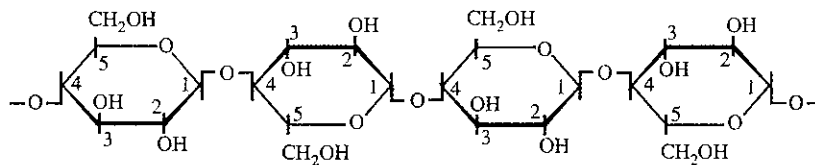
Estas partículas están formadas por unidades más pequeñas, -las partículas  $\beta$ , redondas o poliédricas y con un diámetro de 30 nm. En el interior de las partículas  $\beta$  existe una estructura más fina, las partículas  $\gamma$ , constituidas por bastones de 3,20 nm. Las diferentes unidades del glucógeno se disocian por la acción de ácidos.

**Función.** Es el homopolímero de reserva más importante en las células animales. El almacén de glucógeno es limitado; es especialmente abundante en el tejido hepático, hasta el 10 ó 12 % de su peso húmedo, y en el músculo esquelético hasta el 2 %.

**Celulosa.** La celulosa es un homopolímero lineal, cuyo precursor, la  $\beta$ -D-glucosa está unida mediante enlaces glicosídicos del tipo  $\beta$  1-4.



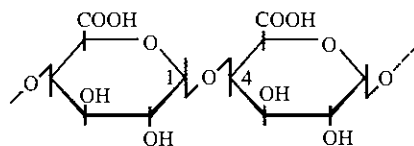
La conformación más estable es aquella en que cada precursor se halla girado  $180^\circ$  con respecto al precedente formándose una cadena recta y extendida.



Varias cadenas adyacentes pueden formar una red estabilizada por puentes de hidrógeno intercatenarios, que da lugar a fibras supramacromoleculares lineales y estables de gran resistencia a la tensión.

Esta sustancia fibrosa, resistente e insoluble, por lo que posee función estructural, se encuentra en las paredes celulares de algunas plantas, en particular tallos, troncos y en todos los tejidos vegetales.

**Pectina.** Está formada por ácido D-galacturónico unido por enlace glicosídico  $\alpha$  1-4, contiene muchos carboxilos en forma de metilésteres.

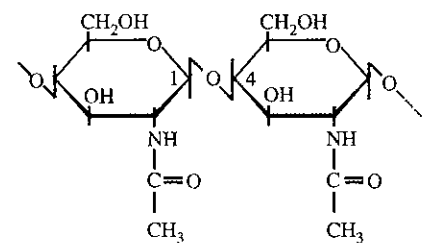


$\alpha$ -D-galacturónico       $\alpha$ -D-galacturónico

**Función.** Presente en las frutas, forma geles con la sacarosa. Por ser muy porosa, adsorbe gran cantidad de sustancias tóxicas. Facilita la coagulación de la leche en la cavidad gástrica, en forma de grumos pequeños y blandos. Por ser hidrófilas, contribuyen a la formación de un bolo fecal más voluminoso. Ayuda a restablecer la flora intestinal al favorecer la germinación intestinal de algunas especies bacterianas antagónicas a las patógenas. Por estas propiedades se usa con alguna frecuencia en el tratamiento de varios tipos de diarreas infantiles y determinadas colitis del adulto.

**Quitina.** Es un homopolímero lineal cuyo precursor es la N-acetil-D-glucosamina, unido mediante enlace glicosídico de tipo  $\beta$  1-4; este precursor es una  $\beta$ -D-glucosa que tiene en C-2 un grupo amino acetilado, en vez de un hidroxilo.

Es el componente principal de los exoesqueletos duros de artrópodos como: langostas, cangrejos, insectos, hasta completar un millón de especies, lo que lo hace el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza.



N- acetilglucosamina      N- acetilglucosamina

## Heteropolisacáridos

### Peptidoglicanos

Las células bacterianas poseen una membrana externa protectora y una membrana plasmática interna; entre ambas membranas se encuentra una capa fina y resistente de peptidoglicanos, que le confiere a la célula su forma y rigidez características. Un peptidoglicano está formado por un heteropolisacárido unido por enlace covalente a cadenas peptídicas.

El polisacárido está constituido por unidades alternas de N-acetil-glucosamina y ácido N-acetil-murámico unidos por enlace  $\beta$  1-4. Estos polímeros tienen una conformación extendida, consecuencia del enlace  $\beta$ , y los péptidos a él unidos permiten el entrecruzamiento de varios polímeros mediante enlaces de tipo covalente (Fig. 10.2).

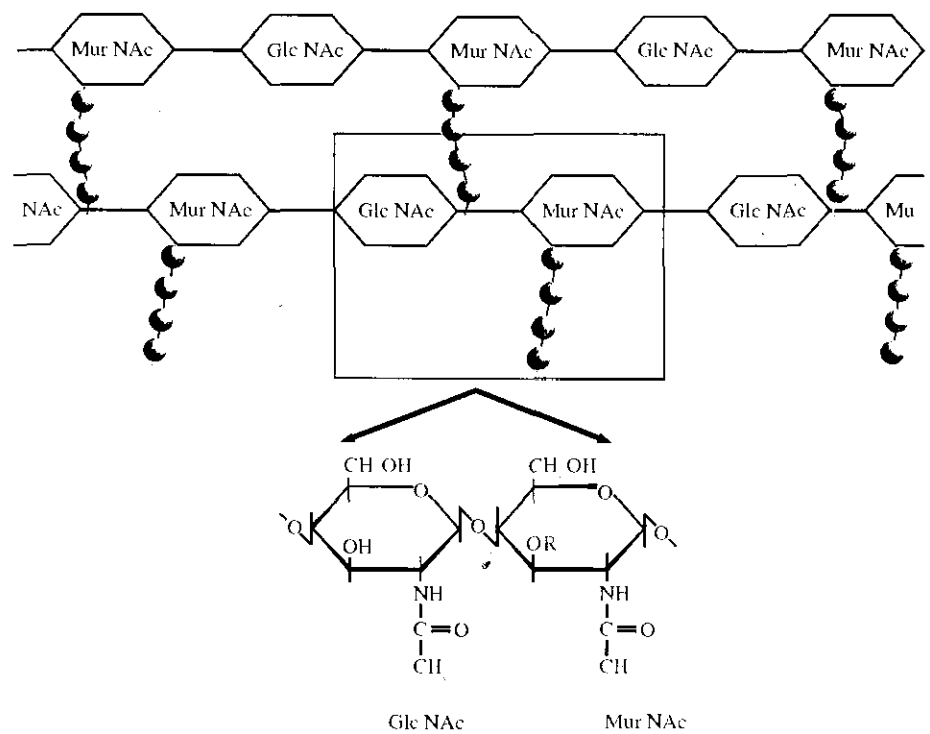
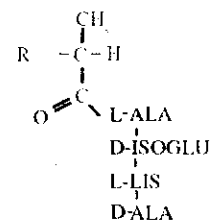


Fig. 10.2. Peptidoglicano de la pared celular de la bacteria gram-positiva *Staphylococcus aureus*. Los péptidos (en verde y rojo) se unen por enlace covalente al ácido N-acetil-murámico y entrelazan las 2 cadenas de heteropolisacáridos. Los péptidos están constituidos por D y L aminoácidos. Isoglu se refiere al isoglutámico, que forma el enlace peptídico a través del grupo  $\gamma$  carboxilo de la cadena lateral. GlcNAc son las iniciales del N-acetil-glucosamina y MurNAc las del N-acetil-murámico.



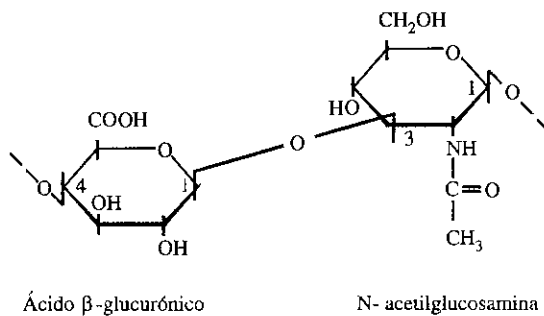
La enzima lisozima cataliza la ruptura de los enlaces  $\beta$  1-4 establecidos entre estos 2 precursores. Esta enzima se encuentra en las lágrimas, donde es probable que actúe como protección contra las células bacterianas al destruirlas. También sintetizan esta enzima, algunos virus bacterianos, lo que garantiza su liberación desde las células huésped.



## Glicosaminoglicanos o mucopolisacáridos ácidos

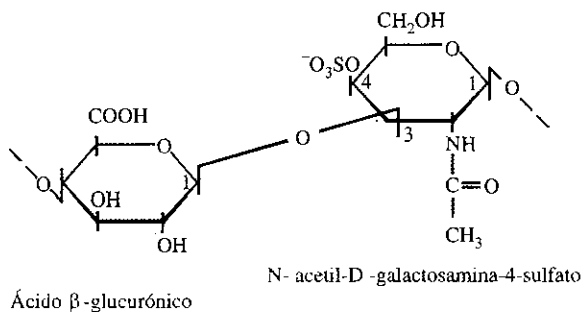
Son polímeros lineales, donde se repite un tipo de disacárido. Uno de los monosacáridos es N-acetilglucosamina o N-acetilgalactosamina; el otro, generalmente es un ácido urónico, el glucurónico o el L-idurónico. En algunos glicosaminoglicanos uno o más grupos hidroxilo del aminoazúcar se encuentra esterificado con un grupo sulfato. La carga negativa que a pH fisiológico presentan el grupo carboxilo del ácido urónico y el grupo sulfato, junto con los enlaces  $\beta$  que unen a los monosacáridos, determinan que estas moléculas adopten una conformación extendida en solución que produce elevada viscosidad. A continuación trataremos sobre el ácido hialurónico, el sulfato de condroitina, el sulfato de queratán, la heparina, el sulfato de dermatán y el sulfato de heparán.

**Ácido hialurónico.** El ácido hialurónico posee un disacárido repetitivo formado por ácido glucurónico unido por enlace glicosídico  $\beta$  1-3 a una N-acetil-glucosamina. Esta cadena está formada por aproximadamente 50 000 disacáridos unidos por enlace glicosídico  $\beta$  1-4. Forman disoluciones claras y viscosas y se encuentran en el líquido sinovial, humor vítreo y tejido conectivo.

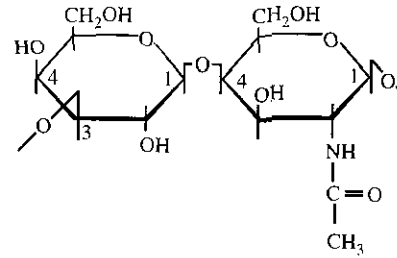


**Funciones principales.** Es lubricante en el líquido sinovial de las articulaciones. Confiere su consistencia gelatinosa al humor vítreo, en el ojo de los vertebrados. Es componente central de la matriz extracelular de cartílagos y tendones, en los que contribuye a su resistencia, tensión y elasticidad. Facilita la migración celular durante la morfogénesis y la reparación de las heridas.

**Sulfato de condroitina.** El sulfato de condroitina, condroitín-4-sulfato y condroitín-6-sulfato, está formado por 20 a 60 unidades del disacárido compuesto por la unión, mediante enlace glicosídico  $\beta$  1-3, de ácido glucurónico y de N-acetil-galactosamina-sulfato. Los disacáridos se unen por enlace  $\beta$  1-4. Se encuentra en cartílagos, huesos y córnea; junto con el ácido hialurónico interviene en la compresibilidad del cartílago cuando soporta peso.



**Sulfato de queratán.** El sulfato de queratán está integrado por el disacárido repetitivo formado por galactosa y N-acetil-galactosamina, unidos mediante enlace glicosídico  $\beta$  1-4. Los disacáridos se unen por enlace glicosídico  $\beta$  1-3.

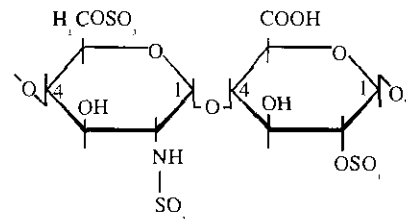


$\beta$ -D-galactosa

N-acetilgalactosamina

El sulfato de queratán I se ubica en la córnea y contribuye de forma importante a su transparencia. El sulfato de queratán II está localizado en el tejido conjuntivo laxo.

**Heparina.** La heparina tiene como unidad repetitiva un oligosacárido de 6 residuos de monosacáridos, integrado por derivados sulfatados de D-glucosamina y del ácido glucurónico, el cual predomina en 90 %, o ácido idurónico. Los enlaces glicosídicos son de tipo  $\alpha$  1-4.

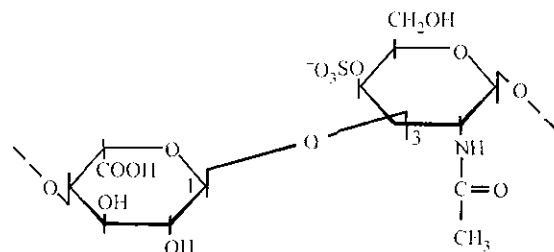


$\alpha$ -D-glucosamina sulfatada

Ácido glucurónico sulfatado

Se encuentra en gránulos en las células cebadas, particularmente abundantes en los revestimientos de las arterias, también en hígado, pulmón y piel. Es un inhibidor potente de la coagulación, que se une a los factores IX y XI, pero su acción más notable es cuando activa a la antitrombina III, lo cual propicia la inactivación de enzimas serín-proteasas, como la trombina. Además causa la liberación de la lipasa de lipoproteínas.

**Sulfato de dermatán.** La unidad repetitiva está integrada por ácido L-idurónico o ácido glucurónico y N-acetil-D-galactosamina-4-sulfato, unidos por enlace glicosídico  $\beta$  1-3.

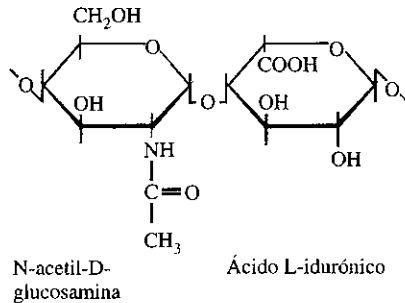


Ácido L-idurónico

N-acetil-D-galactosamina-4-sulfato

Junto con el sulfato de queratán, es constituyente de la córnea y contribuye de manera importante a su transparencia. Su presencia en la córnea ayuda a mantener la forma del ojo.

**Sulfato de heparán.** El sulfato de heparán contiene N-acetil-glucosamina y el ácido urónico predominante es el L-idurónico; es menos sulfatado que la heparina; es componente de las membranas plasmáticas, donde puede actuar como receptor y participa en interacciones intercelulares como la comunicación y la adhesividad; también determina la selectividad de la carga eléctrica en el glomérulo renal. Es componente de vesículas sinápticas y otras.



### Proteoglicanos

Un proteoglicano está formado por la unión de una molécula de proteína con cadenas de glicosaminoglicanos. Las proteínas que se unen por covalencia a los glicosaminoglicanos se llaman proteínas basales o núcleo.

Un proteoglicano está constituido por una cadena larga de ácido hialurónico, que ocupa la posición central. Se asocia por interacciones débiles, a intervalos de 40 nm, con muchas moléculas de proteínas núcleo (Fig. 10.3). Cada proteína núcleo tiene unida, mediante enlace covalente, muchas moléculas de glicosaminoglicano más cortas, como sulfato de condroitina, sulfato de queratán, sulfato de heparán y sulfato de dermatán. Cada proteína núcleo tiene unidas por enlace covalente, como cadenas laterales, alrededor de 150 cadenas de polisacáridos. El contenido glucídico de una molécula de proteoglicano puede constituir hasta el 95 % de su peso.

Como consecuencia del gran número de grupos hidroxilos y de cargas negativas de las moléculas, los proteoglicanos tienen la posibilidad de hidratarse, por lo que ocupan gran espacio, y pueden lubricar o acojinar otras estructuras.

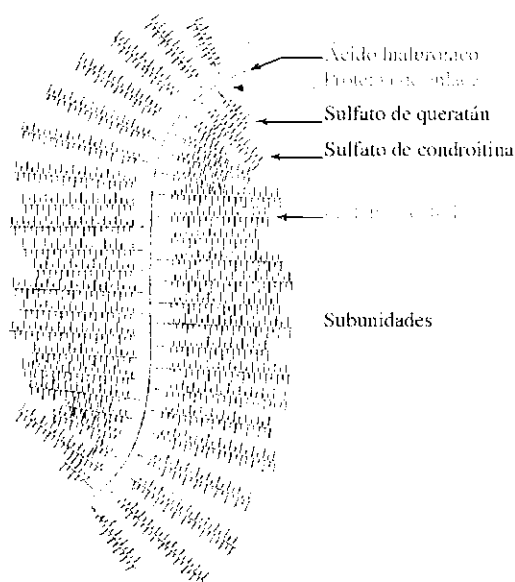


Fig. 10.3. Representación esquemática del agregado de proteoglicano. En rojo, el ácido hialurónico; en azul, la proteína central o núcleo; en verde, la proteína de enlace; en negro, el sulfato de condroitina y el sulfato de queratán. (Tomado de Biochemistry, L. Stryer, 4ta. edición, 1995.)

Los proteoglicanos son moléculas extraordinariamente complejas que se encuentran en todos los tejidos del cuerpo, con predominio en la matriz extracelular o sustancia basal; se unen entre sí, y a la colágena o a la elastina, influyen en la determinación del ordenamiento de la matriz. También interactúan con proteínas adhesivas, por ejemplo, la fibronectina y laminina. Por su gran tamaño y presentar en el espacio una estructura extendida, ocupan un volumen mayor en relación con las proteínas.

Los glicosaminoglicanos presentes en los proteoglicanos son polianiones, por lo que se unen a cationes como  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  y modifican la presión osmótica, atrayendo agua a la matriz extracelular. Al convertirse en gel, confieren a los proteoglicanos la propiedad de servir de filtro, por lo que dejan pasar moléculas pequeñas por difusión relativamente libre.

También se encuentran ubicados intracelularmente; en el núcleo celular su función es aún desconocida. En algunos gránulos de almacenamiento o secretores, como en los gránulos cromafines de la médula suprarrenal forman parte del mecanismo de liberación del contenido de éstos.

## Resumen

Los polisacáridos son las biomoléculas más distribuidas en la naturaleza, cuyas funciones más generales son la de almacenamiento, estructural y de reconocimiento.

Los oligosacáridos pueden estar integrados por 2 y hasta 10 monosacáridos, generalmente sustituidos, unidos mediante enlaces glicosídicos del tipo  $\alpha$  ó  $\beta$ .

Los disacáridos están formados por 2 monosacáridos iguales o diferentes. La maltosa, la isomaltosa y la celobiosa están formados por unidades de D-glucosa.

La lactosa está formada por una  $\beta$ -D-galactosa y una  $\alpha$ -D-glucosa, y la sacarosa está formada por una  $\alpha$ -D-glucosa unida a una  $\beta$ -D-fructosa.

Son glicoproteínas muchas de las proteínas de las membranas plasmáticas, algunas hormonas y todas las proteínas plasmáticas, excepto la albúmina. Entre sus funciones principales se encuentran que modulan propiedades físico-químicas y protegen contra la proteólisis intra y extracelular. Intervienen como señales en el destino intracelular de muchas proteínas y en las interacciones célula-célula.

Los polisacáridos contienen más de 10 monosacáridos, pueden ser homopolisacáridos, si todos sus monosacáridos constituyentes son iguales o heteropolisacáridos si son diferentes. El glucógeno es un homopolímero de D-glucosas unidas mediante enlace glicosídico  $\alpha$  1-4, ramificado mediante uniones  $\alpha$  1-6 cada 8 a 12 residuos. El almidón está formado por 2 polímeros, la amilopectina, que se diferencia del glucógeno en que se ramifica cada 24 ó 30 residuos y el de amilosa que es lineal. Ambos son reserva de energía en los animales y en los vegetales, respectivamente. La celulosa es un homopolisacárido lineal donde las D-glucosas están polimerizadas mediante enlace acetálico del tipo  $\beta$  1-4. Existe en los vegetales donde cumple función estructural, al formar fibras resistentes e insolubles. La pectina está formada por ácido D-galacturónico unidos por enlace  $\alpha$  1-4; forma geles con la sacarosa, es muy hidrófila y ayuda a restablecer la flora intestinal, por lo que se usa en el tratamiento de algunos tipos de diarreas infantiles.

Entre los heteropolisacáridos tenemos a los glicosaminoglicanos o mucopolisacáridos, formados en general por un disacárido, constituido por una N-acetil-glucosamina o por una N-acetil-galactosamina unida al ácido glucurónico o al ácido-L-idurónico. A este grupo pertenecen el ácido hialurónico, el sulfato de condroitina, el sulfato de queratán, la heparina, el sulfato de dermatán y el sulfato de heparán. El ácido hialurónico se relaciona con el proceso de reparación de las heridas, junto con el sulfato de condroitina interviene en la compresibilidad del

**cartilago. Los sulfatos de queratán y de dermatán contribuyen de manera importante a la transparencia de la córnea. La heparina es un potente anticoagulante y el sulfato de heparán es un componente importante de las membranas plasmáticas cuya función se relaciona con el reconocimiento celular y con las interacciones intercelulares.**

**Los proteoglicanos se forman por la unión entre una molécula de proteína y los glicosaminoglicanos. Son moléculas extraordinariamente complejas, que se encuentran en todos los tejidos del cuerpo, con predominio en la matriz extracelular donde influye en su ordenamiento.**

## **Ejercicios**

1. Demuestre que se cumple el carácter polimérico en los polisacáridos.
2. Compare al almidón y al ácido hialurónico en cuanto a los principios de organización de las macromoléculas.
3. Compare estructuralmente al almidón y al glucógeno.
4. Realice un estudio del glucógeno donde demuestre la relación estructura-función.
5. Realice un estudio de la celulosa donde demuestre la relación estructura-función.
6. Demuestre si los oligosacáridos que forman parte de las glicoproteínas son informacionales o no.
7. Realice una tabla donde compare los diferentes homopolisacáridos sobre la base de sus semejanzas y de sus diferencias.
8. Realice una tabla comparativa entre los diferentes glicosaminoglicanos o mucopolisacáridos ácidos.
9. Explique la importancia funcional de los polisacáridos.